

УДК: 159.9.01
doi: 10.11621/vsp.2021.01.08

К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ В ПРОЦЕССЕ ВОСПРИЯТИЯ ЛИЦ

Г.Я. Меньшикова*, А.О. Пичугина**

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

Для контактов. E-mail: gmenshikova@gmail.com*, aopichugina@gmail.com**

Актуальность. Статья посвящена изучению восприятия лиц при использовании технологии айтрекинга. В научной литературе выделяют два процесса — аналитический (восприятие отдельных черт лица) и холистический (восприятие целостной конфигурации всех черт). Предполагается, что каждый из процессов может специфически проявляться в особенностях движений глаз при восприятии лиц. Однако между авторами существуют разногласия относительно того, какие паттерны движений глаз отражают доминирование холистического, а какие — аналитического процессов. Мы предположили, что противоречия в интерпретации глазодвигательных показателей могут быть связаны с особенностями анализа движения глаз, а именно со спецификой выделения зон интереса (глаза, нос, переносица, губы), а также с индивидуальными стратегиями движений глаз при восприятии лиц.

Цель. Выявление особенностей анализа движения глаз в процессе восприятия лиц.

Метод. Разработан и апробирован метод изучения аналитических и холистических процессов в задаче оценки привлекательности прямо ориентированных и инвертированных лиц с использованием метода айтрекинга. Данные айтрекинга были проанализированы для всей выборки при использовании трех типов обработки, различающихся разметкой зон интереса, а также отдельно для двух групп, различающихся стратегиями движения глаз. Выделение стратегий осуществлялось на основе различий в средних значениях длительности фиксации и амплитуды саккад.

Результаты. Показано, что наличие статистически значимых различий во времени пребывания в зонах интереса (ВПЗИ) между условием предъявления прямо ориентированных и инвертированных лиц зависело от способа выделения зон интереса. Также показано, что распределение ВПЗИ по зонам тесно связано с индивидуальными стратегиями движений глаз. Анализ данных отдельно по группам показал значимые различия в распределении ВПЗИ.

Выводы. При обработке данных айтрекинга, полученных в процессе восприятия лиц, необходимо учитывать индивидуальные стратегии движений глаз, а также особенности анализа, связанные с выделениями зон интереса. Отсутствие единого эталона выделения этих зон может быть причиной несогласованности данных, на основе которых формулируются гипотезы о доминировании холистического или аналитического процессов. Согласно нашим данным, наиболее эффективным для анализа холистических процессов является более детальный тип разметки зон интереса, в котором выделяются не только главные черты (глаза, нос, рот), но и зона переносицы.

Ключевые слова: восприятие лица, аналитические и холистические процессы, эффект инверсии, метод айтрекинга, зоны интереса, стратегии движений глаз.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (Грант № 19-18-00474). Работа выполнена с использованием оборудования, приобретенного за счет средств Программы развития Московского университета.

Для цитирования: Меньшикова Г.Я., Пичугина А.О. К вопросу об особенностях анализа движений глаз в процессе восприятия лиц // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2021. № 1. С. 196–219. doi: 10.11621/vsp.2021.01.08

Поступила в редакцию 01.11.2020 / Принята к публикации 20.11.2020

TO THE QUESTION OF PECULIARITIES OF EYE MOVEMENT ANALYSIS IN THE PROCESS OF FACE PERCEPTION

Galina Ya. Menshikova*, **Anna O. Pichugina****

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Corresponding author. E-mail: gmenshikova@gmail.com*, aopichugina@gmail.com**

Background. The article is devoted to the study of the mechanisms of face perception when using the technology of eye-tracking. In the scientific literature, two processes are distinguished - analytical (perception of individual facial features) and holistic (perception of a general configuration of facial features). It is assumed that each of the mechanisms can be specifically manifested in patterns of eye movements during face perception. However, there is disagreement among the authors concerning the eye movements patterns which reflect the dominance of the holistic or analytical processing. We hypothesized that the contradictions in

the interpretation of eye movement indicators in the studies of face perception may be associated with the features of the eye-tracker data processing, namely, with the specifics of identifying areas of interest (eyes, nose, bridge of the nose, lips), as well as with individual strategies of eye movements.

Objective. Revealing the features of eye movements analysis in the process of facial perception.

Method. A method for studying analytical and holistic processing in the task of assessing the attractiveness of upright and inverted faces using eye-tracking technology has been developed and tested. The eye-tracking data were analyzed for the entire sample using three types of processing, differing in the marking of the areas of interest (AOIs), and separately for two groups differing in eye movement strategies. The distinction of strategies was considered based on differences in the mean values of the fixation duration and the amplitude of saccades.

Results. It was shown that: the presence of statistically significant differences of the dwell time in the AOIs between the condition of upright and inverted faces depended on the method of identifying these AOIs. It was shown that the distribution of the dwell time by zones is closely related to individual strategies of eye movements. Analysis of the data separately by groups showed significant differences in the distribution of the dwell time in the AOIs.

Conclusion. When processing eye-tracking data obtained in the studies of face perception, it is necessary to consider individual strategies of eye movements, as well as the features associated with identifying AOIs. The absence of a single standard for identifying these areas can be the reason for inconsistency of the data about the holistic or analytical processing dominance. According to our data, the most effective for the analysis of holistic processing is a more detailed type of marking the AOIs, in which not only the main features (eyes, nose, mouth) are distinguished, but also the area of the nose bridge and nose.

Keywords: face perception, analytical and holistic processing, the inversion effect, eye-tracking method, areas of interest, eye movement strategies.

Acknowledgements. The research was supported by the Russian Science Foundation (project No № 19-18-00474) and with the use of equipment purchased by Lomonosov Moscow State University Program of Development.

For citation: Menshikova, G.Ya., Pichugina, A.O. (2021). To the question of peculiarities of eye movement analysis in the process of face perception. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 14. Psikhologiya [Moscow University Psychology Bulletin]*, 1, P. 196–219. doi: 10.11621/vsp.2021.01.08

Received: November 01, 2020 / Accepted: November 20, 2020

Введение

Лицо человека является одним из самых информативных и значимых перцептивных объектов. Была высказана гипотеза о том, что восприятие лиц осуществляется посредством двух базовых процессов — холистического и аналитического (Tanaka, Farah, 1993). Холистический процесс предполагает восприятие лица как относительно недифференцированного целого, тогда как аналитический процесс опирается на восприятие отдельных черт. Для исследования процессов восприятия лица неоднократно использовался метод айтрекинга. Несмотря на большое число исследований в этом направлении (Барбанщиков, 2009; Henderson et al., 2005) в научной литературе существуют различные мнения о характере связи стратегий движений глаз с доминированием холистических или аналитических процессов.

В ряде работ высказывается гипотеза, что холистическая стратегия должна характеризоваться более длительными фиксациями в центральной зоне лица с периодическим сдвигом внимания на другие зоны (Hsiao, Cottrell, 2008; Caldara et al., 2010). Напротив, равномерное распределение непродолжительных фиксаций и переводы взгляда между базовыми чертами лица могут свидетельствовать о наличии аналитического процесса.

Вторая гипотеза предполагает альтернативную интерпретацию аналитических и холистических стратегий движения глаз (Schwarzer et al., 2005). Г. Шварцер с соавторами предположили, что для аналитической стратегии свойственны длительные фиксации на одной из основных черт лица, при этом фиксации на других чертах лица остаются малочисленными. Холистическая стратегия, по их мнению, проявлялась в распределении движений глаз по более обширной лицевой зоне, что свидетельствовало о том, что категоризация происходила преимущественно по нескольким чертам.

В ряде работ была предложена альтернативная гипотеза, согласно которой аналитические и холистические процессы восприятия лица слабо связаны или совсем не связаны с паттернами движений глаз (Williams, Henderson, 2007; Van Belle et al., 2010).

Одна из причин несогласованности мнений авторов в вышеуказанных работах может быть связана с проблемой выделения индивидуальных стратегий движений глаз в процессе восприятия лица (Menshikova, Pichugina, 2019). В ряде работ этот фактор был обозначен как один из наиболее значимых для анализа восприятия лица с помощью метода айтрекинга (Peterson, Eckstein, 2013; Меньшикова,

Луныкова, 2018). Другой причиной может быть отсутствие единого эталона выделения зон интереса при обработке данных айтрекинга. Анализ научной литературы показывает, что авторы выделяют зоны интереса на лице в соответствии со своими представлениями об их размере, форме и числе. Основные различия в разметке областей интереса связаны с тем, что некоторые авторы выделяют зону переносицы в отдельную область интереса, тогда как другие включают ее в другие зоны (глаз или носа), тем самым исключая ее из анализа. Также различия касаются анализа области глаз: в литературе встречается как общий анализ всей области, так и обработка областей правого и левого глаза по отдельности. Так, некоторые авторы выделяли область глаз единым блоком, в который включается область переносицы (Хи, Tanaka, 2013). Пример этого типа разметки показан на рис. 1, а). Авторы этого исследования использовали метод инверсии и показали, что при рассматривании лиц в прямой ориентации большая часть фиксаций совершалась на области глаз и носа, при инверсии — на области носа и губ. Из-за малодифференцированного способа разделения на зоны интереса осталось неясным, были ли расположены фиксации в зоне переносицы, на каждом глазе, либо только на одном из глаз. Подобный способ разделения использовался и в работах (Oakes, Ellis, 2011, Tenenbaum et al., 2013). В других работах (Blais et al., 2008; Bindemann et al., 2009), область переносицы объединялась с областью носа (см. рис. 1, б). В работе (Blais et al., 2008) проводился анализ культурных различий между азиатами и европейцами при восприятии лиц с использованием метода айтрекинга. Было показано, что для европейцев характерна «треугольная» стратегия движений глаз (фиксации на глаза и губах), а для азиатов — концентрирование фиксаций в центре лица, на области носа. Стратегия движений глаз азиатов была интерпретирована авторами как холистическая, при этом при обработке данных айтрекинга область носа была объединена с переносицей в единую зону. На представленных авторами изображениях тепловых карт видно, что часть фиксаций, отнесенная к области носа, совершалась на переносице, что могло повлечь за собой интерпретацию движений глаз как холистических. Однако, если бы переносица была включена в область глаз, интерпретация могла поменяться на противоположенную.

В ряде исследований зоны интереса выделялись сходным образом за исключением одного отличия: области правого и левого глаза анализировались отдельно, при этом область переносицы делилась пополам (Shipley, Kellman, 2001, Henderson et al., 2005).

И, наконец, часть авторов выделяли область переносицы в отдельную зону интереса наряду с областями глаз, носа и рта (Бабанщиков и др., 2009, Senju et al., 2013). При этом в этих исследованиях левый и правый глаз выделялись в отдельные зоны интереса и анализировались отдельно. Пример этого типа разметки показан на рис. 1, в.

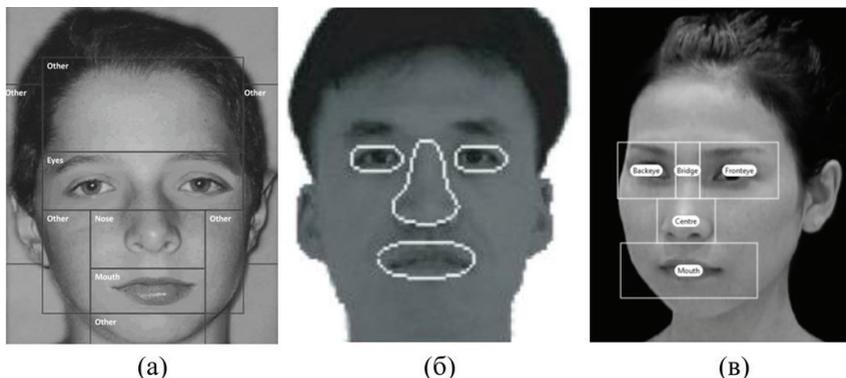


Рис. 1. Примеры выделения зон интереса по данным различных авторов:
а) Xu и Tanaka, 2013; б) Blais et al., 2008; в) Senju et al., 2013

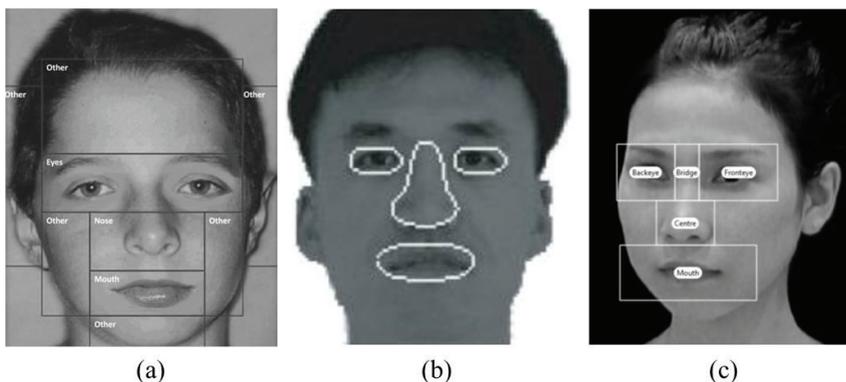


Fig. 1. Examples of identifying areas of interest according to various authors:
a) Xu and Tanaka, 2013; b) Blais et al., 2008; c) Senju et al., 2013

Мы предположили, что для детального анализа восприятия лиц при использовании метода айтрекинга, более эффективно выделять зоны левого и правого глаза отдельно. Предпосылкой для анализа глаз

по отдельности могут являться исследования, показавшие, что испытуемые совершают неодинаковое количество фиксаций на правой и левой части лица. Например, у многих испытуемых была выявлена так называемая левосторонняя доминантность, то есть преобладание фиксаций на левой стороне лица (Барабанщиков, 2009). Также анализ литературы показал, что наибольшие различия в способах выделения зон интереса, по-видимому, связаны с областью переносицы. Отнесение этой области к зоне глаз или носа разными авторами может как минимум давать недостаточно детальную информацию о распределении фиксаций или даже приводить к искажениям интерпретаций.

На основе анализа данных, полученных в наших исследованиях, а также в исследованиях других авторов, можно выделить три основных способа выделения зон интереса: 1) наиболее детальная разметка, когда область переносицы выделяется в отдельную зону интереса наряду с правым и левым глазом; 2) разметка, при которой переносица будет разделена между правым и левым глазом; 3) разметка, при которой переносица будет включена в зону носа.

Целью нашего исследования было изучение аналитических и холистических процессов при использовании метода айтрекинга. Мы предположили, что каждый из процессов может специфически проявляться в особенностях движений глаз при восприятии лиц. Для объяснения разногласий относительно того, какие паттерны движений глаз отражают доминирование холистического, а какие — аналитического процессов, мы изучали влияние способов анализа движения глаз, а именно влияние специфики выделения зон интереса, а также влияние индивидуальных стратегий движения глаз на выраженность эффекта инверсии.

Метод

Участники. В эксперименте участвовало 57 человек (30 мужчин и 27 женщин). Средний возраст мужчин составил 23 года, средний возраст женщин — 21,5. Все с нормальным или скорректированным до нормального зрением.

Аппаратура. Стимулы предъявлялись на мониторе с диагональю 23 дюйма, установленном на расстоянии 75 см от наблюдателя. Угловые размеры стимульных изображений варьировали в пределах 3,5–4 угл. град по горизонтали и 6,6–6,8 угл. град. по вертикали. Для записи движений глаз использовался айтрекер SMI iViewX Red-500 с частотой дискретизации 500 Гц.

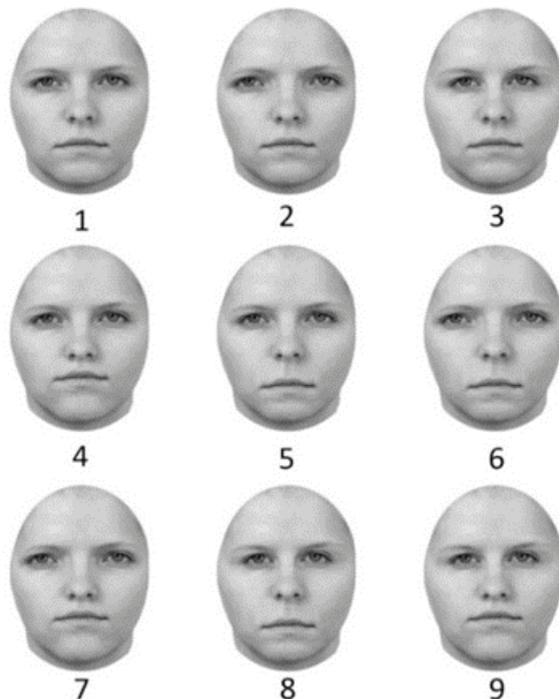


Рис. 2. Примеры стимулов с искаженными чертами лица, созданных на основе одной фотографии

Fig. 2. Examples of stimuli with distorted facial features created from a single photo

Стимуляция. В качестве стимулов были использованы фотографии лиц из базы лиц WSEFEP (<http://www.emotional-face.org>). Для эксперимента были отобраны 10 фотографий: пять мужских и пять женских лиц, принадлежащих одной возрастной категории и имеющих нейтральное эмоциональное выражение. С помощью программы Adobe Photoshop CC лица были переведены в черно-белый формат, а также оконтурены овальной рамкой для снижения влияния вторичных признаков лица. Были разработаны варианты искажений черт лица, приводящие к снижению его привлекательности. На рис. 1 представлены все типы искажений для изображения одного лица. Для каждого из 10 изображений были созданы 8 модификаций, в которых либо увеличивалось и уменьшалось расстояние между гла-

зами (рис. 2.2, 2.3), либо увеличивалось и уменьшалось расстояние между носом и губами (рис. 2.4, 2.5), либо применялась комбинация указанных выше искажений (рис. 2.6–2.9). Изменения расстояний составляли $\pm 10\%$ от величины расстояний между глазами, а также между носом и губами. Таким образом, было подготовлено 90 стимулов (10 лиц \times 9 вариантов искажений) нормально ориентированных лиц. Для каждого стимула была создана его инвертированная версия — лицо было повернуто на 180° по вертикали.

Процедура. Испытуемые проходили эксперимент индивидуально. В начале эксперимента каждый испытуемый проходил калибровку с использованием 9 точек. Калибровка считалась точной, если погрешность составляла менее 5 угловых минут. После калибровки на левой или правой периферической зоне монитора появлялся крест. Испытуемого просили его фиксировать. После 500 мс фиксации в центре экрана автоматически предьявлялся стимул. Время предьявления составляло 2 секунды, после чего испытуемый должен был оценить лицо по степени привлекательности. Для этого на экране предьявлялась шкала с цифрами от 1 (максимально непривлекательное) до 9 (максимально привлекательное). Процедура предьявления всех стимулов и их оценки занимала примерно 20 минут. Порядок предьявления стимулов был рандомизирован.

Результаты и обсуждение

Для изучения влияния холистических процессов на глазодвигательные стратегии были рассчитаны усредненные по выборке длительности фиксаций и амплитуды саккад отдельно для прямых и инвертированных стимулов. Тест Колмогорова–Смирнова показал, что распределение средних длительностей фиксаций для прямых и инвертированных стимулов не является нормальным. Медианная длительность фиксаций составила 221 мс, межквартильный размах от 187 мс до 274 мс. Для инвертированных стимулов медианная длительность фиксаций составила 218 мс, межквартильный размах от 188 мс до 261 мс. Критерий Вилкоксона выявил, что длительность фиксаций в прямой ориентации была значимо выше, чем в инвертированной ($Z = -2,607$, $p = 0,009$). Критерий Ходжеса–Лемана показал, что медианы длительности фиксаций для прямых и инвертированных лиц различаются, межвыборочный сдвиг составил 2 мс ($p = 0,044$). Тест Колмогорова–Смирнова выявил, что распределение средней амплитуды саккад для лиц в прямой и инвертированной ориентации

не являлось нормальным. Для лиц в прямой ориентации медиана равна 5° , межквартильный размах от $4,3^\circ$ до $5,8^\circ$, для лиц в обратной ориентации медиана была равна $5,2^\circ$, межквартильный размах от $4,5^\circ$ до 6° . Критерий Вилкоксона показал, что амплитуды саккад были значимо выше для инвертированных лиц ($Z = -8,664$, $p < 0,001$). Сдвиг медианы по критерию Ходжеса–Лемана составил $-0,2^\circ$ ($p < 0,001$).

Последующая обработка данных движений глаз происходила с использованием трех вариантов разметки зон интереса: а) зона левого глаза, правого глаза, переносицы, носа и губ; б) зона левого глаза, правого глаза, носа и губ, при этом переносица включалась в зоны глаз; в) зона левого глаза, правого глаза, носа и губ, при этом переносица объединялась с областью носа (см. рис. 3). Левым глазом при анализе всегда считался тот, который находился слева для испытуемого, независимо от положения стимула. При этом экспериментатором самостоятельно выделялись только зоны 1–5, зона 6 была выделена айтрекером самостоятельно — в неё входят все области стимула, которые не попали в выделенные зоны интереса. Время пребывания в зоне 6 было настолько маленькое во всех проанализированных случаях ($< 0,5\%$ от всего времени), что в дальнейшем не использовалось в анализе.

Анализ данных с использованием трех вариантов выделения зон интереса проводился сначала относительно всей выборки, а затем относительно двух групп испытуемых, для которых были выделены индивидуальные стратегии движений глаз. Для выделения группы использовался критерий амбьентного и фокального способов восприятия, предложенный в работе (Unema et al., 2004), или в другой терминологии — охватывающего и сканирующего способов восприятия (Барабанщиков, 2002). Предполагается, что при доминировании первого способа воспринимается конфигурация лица в целом, что проявляется в более долгих фиксациях в центральной части лица, а при доминировании второго способа — фиксируются отдельные черты лица (глаза, губы, нос). В соответствии с этим критерием был рассчитан показатель R, отражающий отношение средней длительности фиксаций к средней амплитуде саккад, зарегистрированных во время рассматривания лица. Для каждого участника был рассчитан интегральный показатель R, усредненный по данным наблюдения всех нормально ориентированных изображений. Индивидуальные интегральные показатели были сортированы по возрастанию, после чего данные первого и третьего квартилей в этой последовательности были использованы для выделения двух групп. Одна группа (15 участ-

ников) с долгими фиксациями (272 мс) и короткими амплитудами саккад ($5,2^\circ$) была обозначена как группа со статической стратегией движения глаз. Другая группа (15 участников) с относительно короткими фиксациями (191 мс) и более длинными амплитудами саккад ($5,46^\circ$) была обозначена как группа с динамической стратегией.

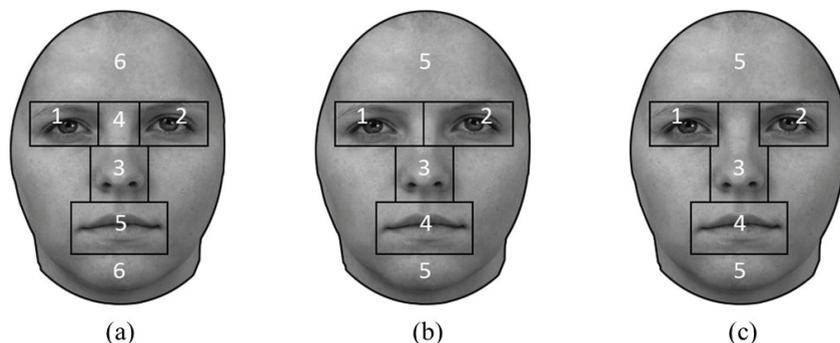


Рис. 3. Три варианта выделения зон интереса для анализа данных айтрекинга

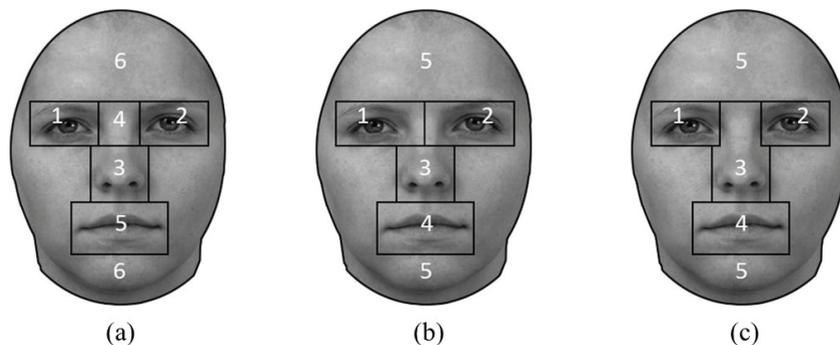


Fig. 3. Three options of identifying areas of interest for analyzing eye tracking data

Данные по времени пребывания взгляда в зонах интереса оказались отличными от нормального распределения, критерий Колмогорова–Смирнова ($p < 0,001$). Для прямых лиц показатели были следующими: медиана = 186, межквартильный размах 0–430,1 мс. Для инвертированных лиц: медиана = 192, межквартильный размах 0–400 мс.

Первый вариант разметки зон интереса. Все испытуемые проводили больше времени в областях левого ($Z = -18,768$, $p < 0,001$), правого глаза ($Z = -4,869$, $p < 0,001$) и переносицы ($Z = -9,155$, $p < 0,001$) при наблюдении прямых лиц, по сравнению с инвертированными. При этом взор испытуемых находился более длительное время в зонах носа ($Z = -7,863$, $p < 0,001$) и губ ($Z = -18,084$, $p < 0,001$) при просмотривании инвертированных лиц. Данные, выраженные в процентах, можно увидеть на гистограмме (см. рис. 4, а).

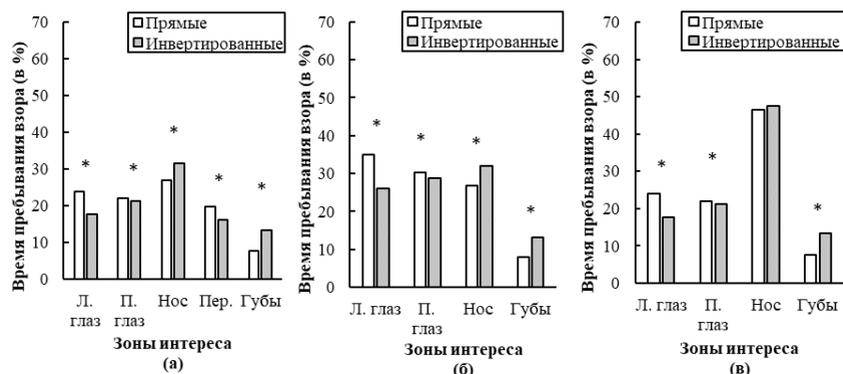


Рис. 4. Распределения времени пребывания взора в зонах интереса (в %) при предъявлении прямых и инвертированных лиц, полученные для трех вариантов (а, б, в) выделения зон интереса. Белые столбики отражают данные для прямых лиц, серые — для инвертированных лиц

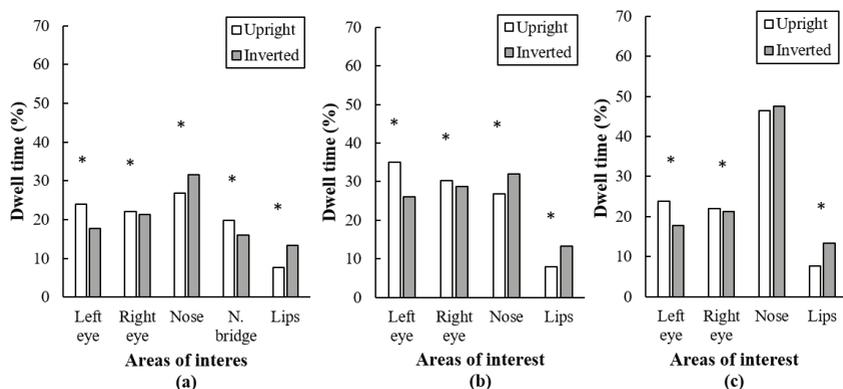


Fig. 4. Dwell time distributions on areas of interest (in %) for upright and inverted faces obtained for three options (a, b, c) of identifying areas of interest. White bars — for upright faces, gray bars — for inverted faces

Второй вариант разметки зон интереса. При статистическом анализе результатов всей выборки различия между прямыми и инвертированными лицами по критерию Вилкоксона оказались значимыми во всех зонах интереса (см. рис. 4, б). Испытуемые проводили больше времени в областях левого ($Z = -21,814$, $p < 0,001$) и правого глаза ($Z = -6,848$, $p < 0,001$) при наблюдении прямых лиц, в сравнении с инвертированными. При этом испытуемые проводили сравнительно больше времени в зонах носа ($Z = -8,994$, $p < 0,001$) и губ ($Z = -17,466$, $p < 0,001$) при просматривании инвертированных лиц.

Третий вариант разметки зон интереса. Анализ данных всей выборки показал, что испытуемые проводили больше времени в областях левого ($Z = -18,768$, $p < 0,001$) и правого ($Z = -4,869$, $p < 0,001$) глаза при восприятии прямо ориентированных лиц, по сравнению с инвертированными (см. рис. 4, в). При этом они проводили сравнительно больше времени в зоне губ ($Z = -18,084$, $p < 0,001$) при просматривании инвертированных лиц. Значимых различий во времени нахождения взора в области носа для прямых и инвертированных лиц найдено не было ($Z = -0,345$, $p = 0,730$).

Межгрупповые различия в трех вариантах разметки

Различия между двумя группами испытуемых проводились на данных, полученных при предъявлении только прямо ориентированных лиц.

Первый вариант разметки зон интереса. Различия между группами оказались статистически значимы во всех зонах интереса (см. рис. 5, а). Для сравнения групп со статической и динамической стратегией использовался критерий Манна–Уитни. Испытуемые со статической стратегией движений глаз значимо дольше рассматривали области носа ($Z = -11,828$, $p < 0,001$) и переносицы ($Z = -13,361$, $p < 0,001$) при предъявлении им прямых лиц, по сравнению с другой группой. Группа с динамической стратегией при этом дольше рассматривала области левого глаза ($Z = -13,466$, $p < 0,001$), правого глаза ($Z = -14,253$, $p < 0,001$), и губ ($Z = -8,439$, $p < 0,001$) в сравнении с группой, использующей статическую стратегию.

Второй вариант разметки зон интереса. Межгрупповые различия при наблюдении лиц в прямом положении во всех областях интереса оказались статистически значимыми (см. рис. 5, б). Испытуемые со статической стратегией проводили больше времени в зоне носа, чем испытуемые из другой группы ($Z = -11,579$, $p < 0,001$). При этом испытуемые с динамической стратегией в свою очередь значимо

дольше рассматривали области левого глаза ($Z = -3,424, p < 0,001$), правого глаза ($Z = -6,582, p < 0,001$) и губ ($Z = -8,308, p < 0,001$).

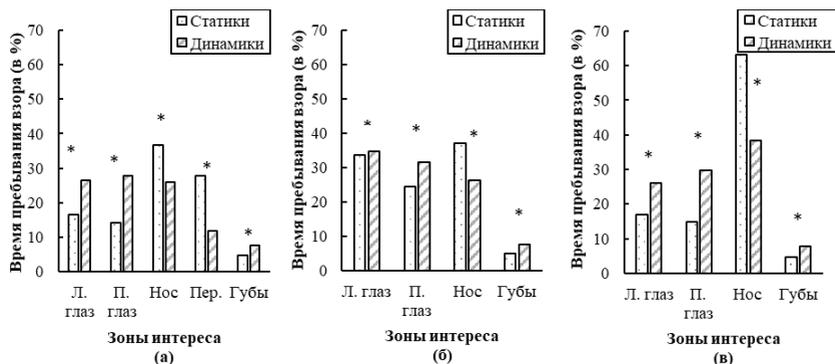


Рис. 5. Распределения времени пребывания взора в зонах интереса (в %) при предъявлении прямых лиц для статической и динамической групп испытуемых. Столбиками с точками помечены данные статической группы, столбиками со штриховкой — динамической группы. Буквами (а, б, в) помечены три варианта выделения зон интереса

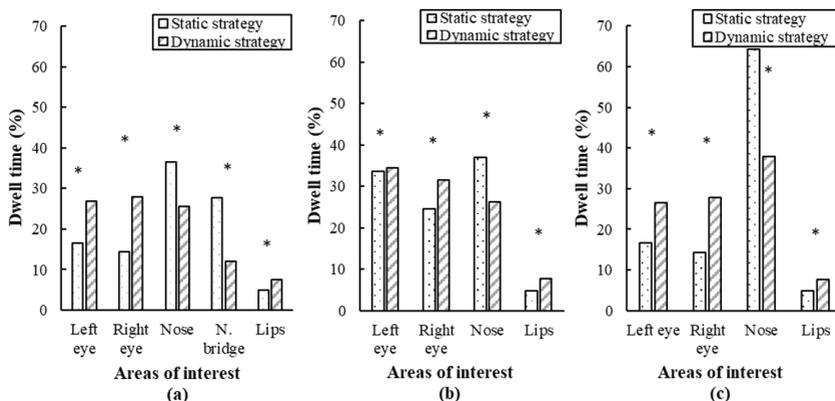


Fig. 5. Dwell time distributions on areas of interest (in %) for upright faces for static and dynamic groups of subjects. Bars with dots mark the data of a static group, bars with hatching — a dynamic group. Letters (a, b, c) mark three options of identifying areas of interest

Третий вариант разметки зон интереса. При межгрупповом анализе времени пребывания в зонах интереса при рассматрива-

нии прямых лиц было выявлено, что все различия статистически значимы (см. рис. 5, в). Так, в условии наблюдения прямых лиц испытуемые со статической стратегией значимо дольше смотрели на нос ($Z = -17,693$, $p < 0,001$), по сравнению с группой, использующей динамическую стратегию. В свою очередь, испытуемые с динамической стратегией сравнительно дольше смотрели на области левого глаза ($Z = -13,466$, $p < 0,001$), правого глаза ($Z = -14,253$, $p < 0,001$) и губ ($Z = -8,439$, $p < 0,001$).

Внутригрупповой анализ эффекта инверсии в трех вариантах разметки

Далее был проведен внутригрупповой анализ влияния эффекта инверсии на распределение времени пребывания по зонам интереса в трех вариантах разметки.

Первый вариант разметки зон интереса. Так, испытуемые со статической стратегией проводили значимо больше времени в зоне левого глаза ($Z = -2,047$, $p = 0,041$) и переносицы ($Z = -5,886$, $p < 0,001$) в случае наблюдения прямых лиц, по сравнению с наблюдением инвертированных (см. рис. 6, а). При инверсии они проводили больше времени в зоне правого глаза ($Z = -2,057$, $p = 0,04$) и губ ($Z = -5,506$, $p < 0,001$). В регионе носа значимых различий найдено не было ($Z = -207$, $p = 0,836$).

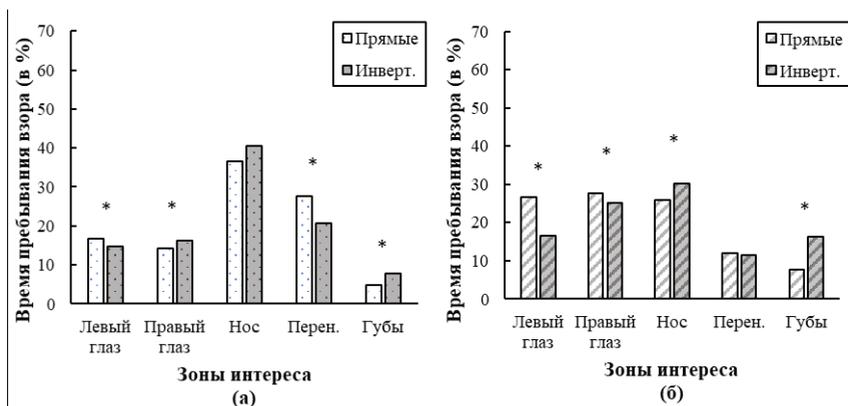


Рис. 6. Первый вариант разметки зон интереса. Время пребывания взора в зонах интереса (в %) при предъявлении прямых и инвертированных лиц для испытуемых статической (а) и динамической (б) групп. Столбиками с точками помечены данные статической группы, столбиками со штриховкой — динамической группы

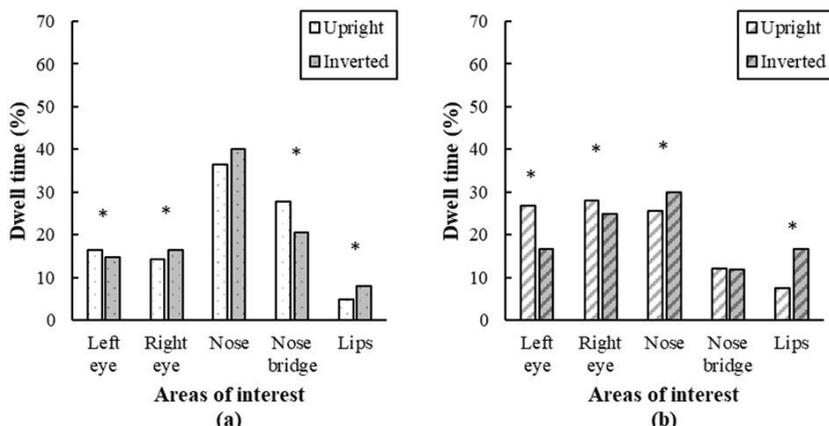


Fig. 6. The first option of identifying areas of interest. Dwell time distributions on areas of interest (in %) for upright and inverted faces for static (a) and dynamic (b) groups of subjects. Bars with dots mark the data of a static group, bars with hatching — a dynamic group

Испытуемые с динамической стратегией задерживали взгляд значительно дольше на зонах интереса левого глаза ($z = -16,406$, $p < 0,001$) и правого глаза ($Z = -6,501$, $p < 0,001$) когда оценивали прямые лица, в сравнении с инвертированными лицами. В инвертированной ориентации они значительно дольше рассматривали области носа ($Z = -3,624$, $p < 0,001$) и губ ($Z = -14,581$, $p < 0,001$). Различий во времени пребывания в зоне переносицы найдено не было ($Z = -1,416$, $p = 0,157$). Данные, выраженные в процентных соотношениях, проиллюстрированы на графике (см. рис. 6, б).

Второй вариант разметки зон интереса. Испытуемые, использующие статическую стратегию проводили значительно больше времени в зоне левого глаза ($Z = -8,828$, $p < 0,001$) в случае предъявления прямых лиц, по сравнению с инвертированными. При инверсии они проводили больше времени в зоне губ ($Z = -6,129$, $p < 0,001$). В зоне правого глаза ($Z = -0,591$, $p = 0,555$) и носа ($Z = -1,588$, $p = 0,112$) значимых различий найдено не было (см. рис. 7, а).

При этом испытуемые с динамической стратегией задерживали взгляд значительно дольше на зонах интереса левого глаза ($z = -16,487$, $p < 0,001$) и правого глаза ($Z = -3,498$, $p = 0,001$) когда оценивали прямые лица, по сравнению с инвертированными лицами (см. рис. 7, б). В инвертированной ориентации они проводили значительно больше времени в зонах носа ($Z = -3,641$, $p < 0,001$) и губ ($Z = -13,229$, $p < 0,001$).

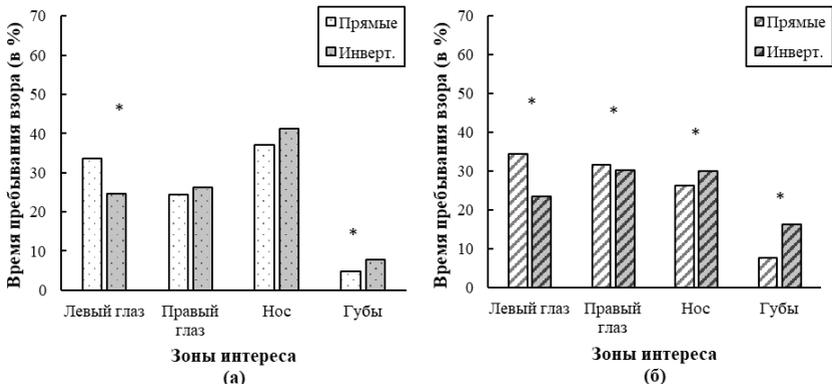


Рис. 7. Второй вариант разметки зон интереса. Время пребывания взора в зонах интереса (в %) при предъявлении прямых и инвертированных лиц для испытуемых статической (а) и динамической (б) групп. Столбиками с точками помечены данные статической группы, столбиками со штриховкой — динамической группы

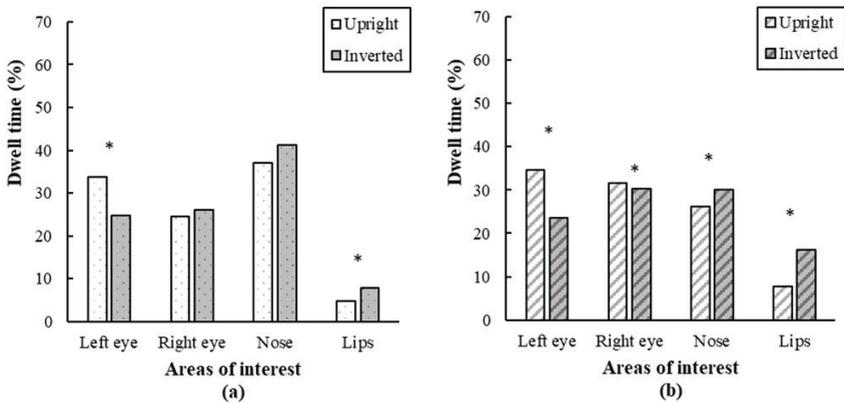


Fig. 7. The second option of identifying areas of interest. Dwell time distributions on areas of interest (in %) for upright and inverted faces for static (a) and dynamic (b) groups of subjects. Bars with dots mark the data of a static group, bars with hatching — a dynamic group

Третий вариант разметки зон интереса. Статики проводили значимо больше времени в зоне левого глаза ($Z = -2,047, p = 0,041$) и носа ($Z = -3,843, p < 0,001$) в случае предъявления прямых лиц, по сравнению с инвертированными (см. рис. 8, а). При инверсии

они проводили больше времени в зоне правого глаза, по сравнению с условием предъявления прямых лиц ($Z = -2,057$, $p = 0,04$) и губ ($Z = -5,506$, $p < 0,001$).

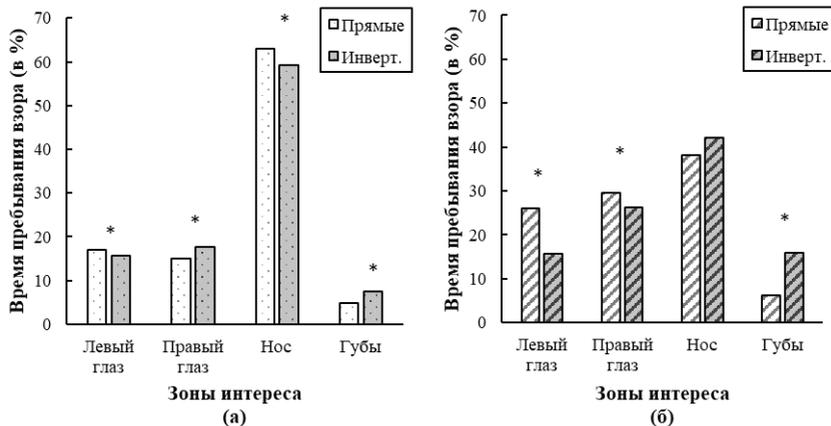


Рис. 8. Третий вариант разметки зон интереса. Время пребывания взора в зонах интереса (в %) при предъявлении прямых и инвертированных лиц для испытуемых статической (а) и динамической (б) групп. Столбиками с точками помечены данные статической группы, столбиками со штриховкой — динамической группы

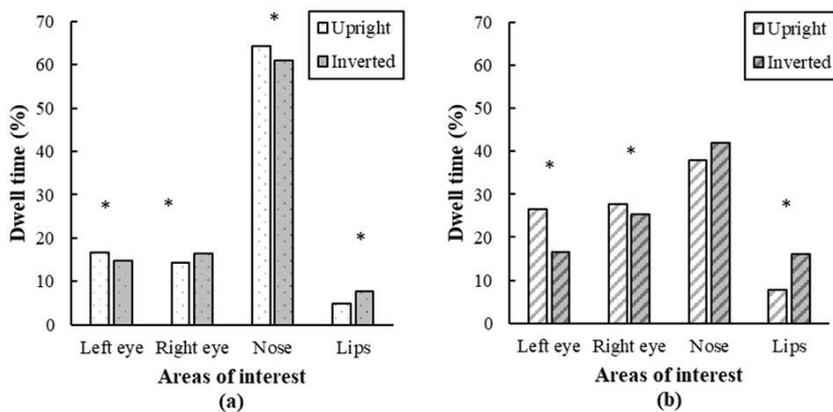


Fig. 8. The third option of identifying areas of interest. Dwell time distributions on areas of interest (in %) for upright and inverted faces for static (a) and dynamic (b) groups of subjects. Bars with dots mark the data of a static group, bars with hatching — a dynamic group

Испытуемые с динамической стратегией задерживали взгляд значимо дольше на зонах интереса левого глаза ($z = -16,406$, $p < 0,001$) и правого глаза ($Z = -6,501$, $p < 0,001$) когда оценивали прямые лица, по сравнению с инвертированными (см. рис. 8, б). В инвертированной ориентации они проводили значимо больше времени в зоне губ ($Z = -14,581$, $p < 0,001$). Различий во времени пребывания в зоне носа найдено не было ($Z = -1,888$, $p = 0,059$).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в зависимости от включения зоны переносицы в состав других зон (глаз или носа) или при ее отдельном анализе наблюдаются различия. Сравнение данных прямо ориентированных и инвертированных лиц по всей выборке, показало, что при первом и втором варианте разметки время пребывания в зонах интереса статистически значимо различалось для всех областей. При третьем варианте разметки статистические различия в длительности наблюдения области носа нивелировались. Следует отметить, что при первом варианте деления зон интереса различия в пребывании в областях носа и переносицы являются разнонаправленными: испытуемые дольше разглядывают переносицу в прямом варианте и меньше рассматривают зону носа в прямом варианте, по сравнению с условием инверсии (см. рис. 4). При этом различия в области переносицы и глаз являются однонаправленными. В таком случае суммирование области переносицы с глазами только усиливает эффект инверсии, а суммирование области переносицы с носом нивелирует различия.

Было выявлено, что межгрупповые различия в трех вариантах обработки данных были статистически значимыми во всех зонах интереса. В силу влияния различий, связанных со стратегиями движений глаз в двух группах, особенности выделения зон интереса не меняли общую структуру распределения времени пребывания в зонах интереса: не привели к исчезновению различий или к смене направленности различий. Сила различий между группами и низкая зависимость от варианта обработки данных лишь подтверждает идею о важности рассмотрения индивидуальных стратегий движений глаз в исследованиях восприятия лиц при использовании метода айтрекинга. Это также подтверждает мысль о том, что игнорирование индивидуальных стратегий является вероятным фактором, ведущим к несогласованности данных, полученных разными авторами.

При внутригрупповом анализе в группе со статической стратегией при первом варианте разметки значимые различия были получены для всех областей, кроме зоны носа (см. рис. 6, а). При-

соединение переносицы к области глаз во втором варианте нивелировало различия в области правого глаза. При этом в третьем варианте разметки статистические различия были выявлены во всех четырех выделенных зонах интереса. В группе с динамической стратегией при первом варианте разметки различия во всех областях были статистически значимыми, кроме области переносицы (см. рис. 6, б). При присоединении этой области к зонам глаз статистические различия сохранились. Однако, при присоединении этой области к области носа в третьем варианте, различия между условиями нивелировались.

Из анализа различий движений глаз по всей выборке и внутри групп видно, что включение зоны переносицы в какую-либо другую зону (глаз или носа) приводит к различным результатам. В одних случаях при присоединении ее к области носа различия между распределением фиксаций при прямом и инвертированном предъявлении усиливаются. Это наблюдается, например, для группы со статической стратегией. Однако, в других случаях — различия уменьшаются или практически исчезают, что видно в результатах группы с динамической стратегией. Эти данные заставляют по-новому взглянуть на проблему выявления стратегии движения глаз, которая может отражать доминирование холистических процессов. Мы рассмотрели наши результаты с точки зрения их соответствия предложенным ранее гипотезам о связи движений глаз с холистическими процессами восприятия лица. Для этого мы провели анализ различий в распределении фиксаций для случаев прямого и инвертированного предъявления. В соответствии с гипотезой (Hsiao, Cottrell, 2008; Caldara et al., 2010), утверждающей, что холистическая стратегия должна характеризоваться более длительными фиксациями в центральной зоне лица, мы ожидали уменьшение длительности фиксаций в зоне носа при предъявлении инвертированных лиц. Однако наши результаты не подтвердили этой гипотезы. Действительно, как видно из рис. 6, и для статической группы (рис. 6, а), и для динамической группы (рис. 6, б) длительность фиксаций в зоне носа не уменьшилась, и даже значимо увеличилась для динамической группы. Также не подтвердилась и альтернативная гипотеза, предложенная в работах (Williams, Henderson, 2007; Van Belle et al., 2010), согласно которой аналитические и холистические процессы восприятия лица слабо связаны с паттернами движений глаз. Наши результаты выявили значимые различия времени пребывания взора почти во всех диагностических зонах лица при сравнении данных прямых и инверти-

рованных лиц. Полученные нами данные лучше всего согласуются с гипотезой (Schwarzer et al., 2005) о том, что холистическая стратегия проявляется в распределении движений глаз по всем зонам лица, тогда как аналитическая — в фиксации преимущественно на одной из черт. На рис. 6 видно, что для каждой выделенной группы снижение влияния холистических процессов проявляется в увеличении времени пребывания взора в центре лица в зоне носа с одновременным снижением фиксаций на других зонах. Этот результат мы смогли подтвердить благодаря более детальной разметке областей интереса лица, выделив для анализа зону переносицы.

Выводы

При проведении анализа движений глаз по всей выборке наличие или отсутствие статистически значимых результатов в зонах интереса зависело от способа разметки областей.

При проведении межгруппового анализа при условии предъявления прямых лиц не было найдено качественных различий в зависимости от способов разметки областей. Это может говорить о значительных различиях между группами и о высокой значимости индивидуальных стратегий движений глаз для изучения процессов восприятия лица.

При проведении внутригруппового анализа среди статической и динамической группы наличие или отсутствие статистически значимых результатов в зонах интереса зависело от способа разметки областей.

В целом наши результаты показали, что более детальная разметка областей интереса (выделение переносицы как отдельной зоны) является более информативной для анализа процессов восприятия лица. Исследование динамики времени пребывания взора в зонах глаз, переносицы, носа и губ в эффекте инверсии позволяет более эффективно интерпретировать данные движений глаз при исследовании холистических процессов восприятия лица.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Барабанищikov, В. А.* Восприятие и событие. СПб.: Алетей, 2002.
Барабанищikov, В. А. Восприятие выражений лица. М.: ИП РАН, 2009.
Барабанищikov, В. А., Ананьева, К. И., Харитонов, В. Н. Организация движени-
ный глаз при восприятии изображений лица // Экспериментальная психология. 2009. Т. 2. № 2. С. 31–60.

Меньшикова, Г.Я., & Лунякова, Е.Г. Индивидуальные стратегии движений глаз в задаче опознания экспрессий композитных лиц / Психология человека как субъекта познания, общения и деятельности. Под ред. В.В. Знакова, А.Л. Журавлева. М.: ИП РАН, 2018.

Bindemann, M., Scheepers, C., & Burton, A.M. (2009). Viewpoint and center of gravity affect eye movements to human faces. *Journal of vision*, 9 (2), 7–7.

Blais, C., Jack, R.E., Scheepers, C., Fiset, D., & Caldara, R. (2008). Culture shapes how we look at faces. *PLoS one*, 3 (8), e3022.

Caldara, R., Zhou, X., & Mielle, S. (2010). Putting culture under the ‘spotlight’ reveals universal information use for face recognition. *PLoS One*, 5 (3), e9708.

Hsiao, J.H.W., & Cottrell, G. (2008). Two fixations suffice in face recognition. *Psychological science*, 19 (10), 998–1006.

Menshikova, G.Ya., & Pichugina A.O. (2019). Eye movement strategies in holistic face processing. *Journal of eye movement research*, 12 (7), 322.

Oakes, L.M., & Ellis, A.E. (2013). An eye-tracking investigation of developmental changes in infants’ exploration of upright and inverted human faces. *Infancy*, 18 (1), 134–148.

Peterson, M.F., & Eckstein, M.P. (2013). Individual differences in eye movements during face identification reflect observer-specific optimal points of fixation. *Psychological science*, 24 (7), 1216–1225.

Schwarzer, G., Huber, S., & Dümmler, T. (2005). Gaze behavior in analytical and holistic face processing. *Memory & Cognition*, 33 (2), 344–354.

Shipley, T., & Kellman, P. (2001). Gaze control for face learning and recognition by humans and machines. From fragments to objects: Segmentation and grouping in vision, 463.

Henderson, J.M., Williams, C.C., & Falk, R.J. (2005). Eye movements are functional during face learning. *Memory & cognition*, 33 (1), 98–106.

Tanaka, J.W., & Farah, M.J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *The Quarterly journal of experimental psychology*, 46 (2), 225–245.

Tenenbaum, E.J., Shah, R.J., Sobel, D.M., Malle, B.F., & Morgan, J.L. (2013). Increased focus on the mouth among infants in the first year of life: a longitudinal eye tracking study. *Infancy*, 18 (4), 534–553.

Unema, P., Pannasch, S., Joos, M., & Velichkovsky, B.M. (2005). Time course of information processing during scene perception: The relationship between saccade amplitude and fixation duration. *Visual Cognition*, 12 (3), 473–494.

Van Belle, G., De Graef, P., Verfaillie, K., Rossion, B., & Lefèvre, P. (2010). Face inversion impairs holistic perception: Evidence from gaze-contingent stimulation. *Journal of vision*, 10 (5), 10–10.

Williams, C.C., & Henderson, J.M. (2007). The face inversion effect is not a consequence of aberrant eye movements. *Memory & Cognition*, 35 (8), 1977–1985.

Xu, B., & Tanaka, J.W. (2013). Does face inversion qualitatively change face processing: An eye movement study using a face change detection task. *Journal of vision*, 13 (2), 22–22.

REFERENCES

Barabanshchikov, V.A. (2002). Perception and event. St. Petersburg: Aleteiya. (in Russ.).

Barabanshchikov, V.A. (2009). Perception of facial expressions. Moscow: IP RAN. (in Russ.).

Barabanshchikov, V.A., Anan'eva, K.I., Kharitonov, V.N. (2009). The organization of eye movements in the perception of facial images. *Ekspperimental'naya psikhologiya* (Experimental psychology), 2 (2), 31–60 (in Russ.).

Bindemann, M., Scheepers, C., & Burton, A.M. (2009). Viewpoint and center of gravity affect eye movements to human faces. *Journal of vision*, 9 (2), 7–7.

Blais, C., Jack, R.E., Scheepers, C., Fiset, D., & Caldara, R. (2008). Culture shapes how we look at faces. *PLoS one*, 3 (8), e3022.

Caldara, R., Zhou, X., & Mielliet, S. (2010). Putting culture under the 'spotlight' reveals universal information use for face recognition. *PLoS One*, 5 (3), e9708.

Hsiao, J.H.W., & Cottrell, G. (2008). Two fixations suffice in face recognition. *Psychological science*, 19 (10), 998–1006.

Menshikova, G.Ya., & Lunyakova, E.G. (2018). Human psychology as a subject of knowledge, communication and activity. In V.V. Znakov, A.L. Zhuravlev (Eds), *Individual strategies of eye movements in the problem of recognizing the expressions of composite faces* (pp. 767–775). Moscow: IP RAN (in Russ.).

Menshikova, G.Ya., & Pichugina A.O. (2019). Eye movement strategies in holistic face processing. *Journal of eye movement research*, 12 (7), 322.

Oakes, L.M., & Ellis, A.E. (2013). An eye tracking investigation of developmental changes in infants' exploration of upright and inverted human faces. *Infancy*, 18 (1), 134–148.

Peterson, M.F., & Eckstein, M.P. (2013). Individual differences in eye movements during face identification reflect observer-specific optimal points of fixation. *Psychological science*, 24 (7), 1216–1225.

Schwarzer, G., Huber, S., & Dümmler, T. (2005). Gaze behavior in analytical and holistic face processing. *Memory & Cognition*, 33 (2), 344–354.

Shipley, T., & Kellman, P. (2001). Gaze control for face learning and recognition by humans and machines. From fragments to objects: Segmentation and grouping in vision, 463.

Henderson, J.M., Williams, C.C., & Falk, R.J. (2005). Eye movements are functional during face learning. *Memory & cognition*, 33 (1), 98–106.

Tanaka, J.W., & Farah, M.J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *The Quarterly journal of experimental psychology*, 46 (2), 225–245.

Tenenbaum, E.J., Shah, R.J., Sobel, D.M., Malle, B.F., & Morgan, J.L. (2013). Increased focus on the mouth among infants in the first year of life: a longitudinal eye tracking study. *Infancy*, 18 (4), 534–553.

Unema, P., Pannasch, S., Joos, M., & Velichkovsky, B.M. (2005). Time course of information processing during scene perception: The relationship between saccade amplitude and fixation duration. *Visual Cognition*, 12 (3), 473–494.

Van Belle, G., De Graef, P., Verfaillie, K., Rossion, B., & Lefèvre, P. (2010). Face inversion impairs holistic perception: Evidence from gaze-contingent stimulation. *Journal of vision*, 10 (5), 10–10.

Williams, C.C., & Henderson, J.M. (2007). The face inversion effect is not a consequence of aberrant eye movements. *Memory & Cognition*, 35 (8), 1977–1985.

Xu, B., & Tanaka, J.W. (2013). Does face inversion qualitatively change face processing: An eye movement study using a face change detection task. *Journal of vision*, 13 (2), 22–22.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Меньшикова Галина Яковлевна — доктор психологических наук, профессор, заведующая лабораторией, лаборатория «Восприятие», факультет психологии, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5670-921X>. E-mail: gmenchikova@gmail.com

Пичугина Анна Олеговна — студентка, кафедра общей психологии, факультет психологии, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6544-7784>. E-mail: aopichugina@gmail.com

ABOUT THE AUTHORS

Galina Ya. Menshikova — ScD (Philosophy), Head of the Perception Laboratory, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5670-921X>. E-mail: gmenchikova@gmail.com

Anna O. Pichugina — Student, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6544-7784>. E-mail: aopichugina@gmail.com